

締固めた不飽和土の締固め特性と一軸圧縮挙動

鳥取大学工学部 正会員○清水正喜 学生会員 木下 聡
兵庫県庁 正会員 西岡龍二

1. はじめに

締固めた土の一軸圧縮強度は締固めの方法や締固め後の状態に依存する。また、締固めた土は通常不飽和であり、不飽和の程度も重要な因子であると考えられる。本研究では締固めた土の一軸圧縮強度 q_u や応力-ひずみ挙動に対する、乾燥密度 ρ_d 、含水比 w 、飽和度 S_r 、サクシオン s の影響を調べることを目的としている。

2. 試料・方法

試料として DL クレー（非塑性、 $\rho_s=2.680\text{g/cm}^3$ ）を用いた。

締固めは小型のモールド（内径約 3.5cm）、カラー、ランマーを用いて行った。モールドの内径を調節するためにモールドの内面にプラスチックフィルムをはりつけた。また、供試体の取り出しが容易になるという効果がある。締固めは層数、層当りの突き固め回数を変えて行った。試験番号の数値は締固め後の供試体単位体積当りの締固め仕事量 W_c (kJ/m^3) を表す。含水比は加水して調整し、非繰返し法で締固めた。

締固めた供試体に対して一軸圧縮試験を行った。

$W_c=181\text{kJ/m}^3$ で締固めた供試体の一部でサクシオンを測定した（以後 No. 181-1 と記す）。サクシオンを測定した一軸圧縮試験は不飽和土用三軸圧縮試験器を用いて行った。軸圧縮速度 0.782mm/min （供試体高さが 80mm のとき、 $0.977\%/min$ ）で圧縮した。サクシオンは加圧板法で測定した、即ち、セル圧を 200kPa 与えて発生する間隙水圧を測定した。測定しない場合は一般的な一軸圧縮試験装置を用いた。

3. 結果および考察

締固めエネルギーを変えて行ったすべての締固め試験の結果は別途報告しているのでここでは一軸圧縮試験を行ったケースのみ扱う。

締固め曲線を図 1 に示す。含水比は一軸圧縮試験後の値である。締固め仕事量が多いほど締固め曲線が上方に位置しているが、No. 181-1 と 181-2 は同じ条件で締固めたが No. 181-1 の曲線が左にあるという傾向がある。No. 181-1 の各供試体は一軸圧縮直前のサクシオンを測定したのでその過程における間隙水の蒸発の影響と考えられる。

図 1 に示したすべての供試体の乾燥密度 ρ_d と一軸圧縮強度 q_u の関係を図 2 に示す。図より締固め仕事量が同じであれば q_u は ρ_d が大きいほど大きくなるという傾向が読み取れる。しかし詳細に見ると ρ_d が同じであっても q_u に違いが見られる（特に試験個数の多い No. 181-1）。

サクシオンを測定した供試体の締固め曲線を図 3 に、 ρ_d と q_u の関係を図 4 に示した。各プロットの番号は含水比の低いものか順に付けた。図 4 より ρ_d が同じであっても湿潤側で q_u が大きいことがわかる。つまり（予想に反して）湿潤側の供試体は ρ_d が低いにも拘わらず大きな q_u を示している。

図 5 にサクシオンと含水比の関係を示した。この図から一定の傾向を読み取れないが、水分保持特性が締固めの程度によって変わると考えると肯ける。ただしサクシオンが正確に測定できていない可能性も否定できない。

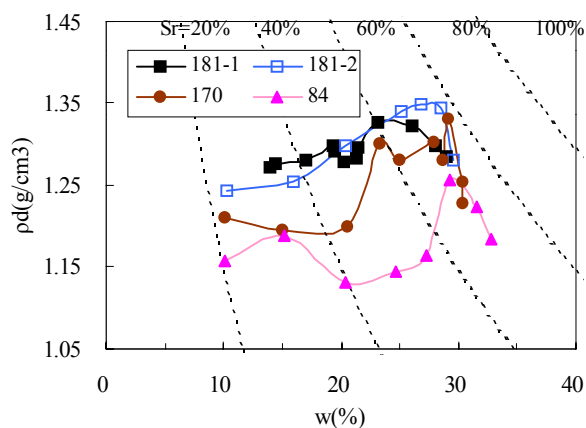


図 1. 締固め試験の結果（凡例の数値は締固め仕事量 (kJ/m^3) を表す）。

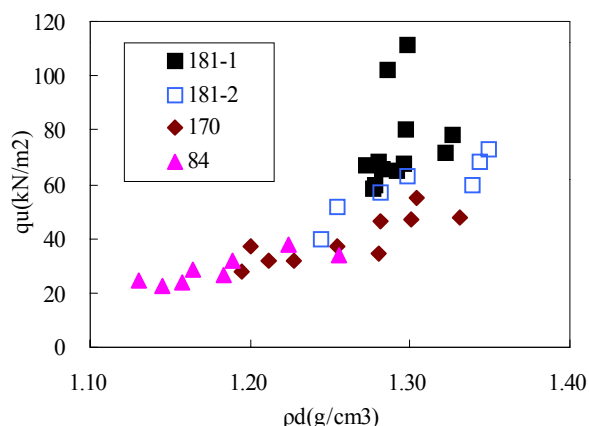


図 2. 乾燥密度と一軸圧縮強度の関係

図6にサクシオンと q_u の関係を示す。乾燥側の供試体に限ると q_u は s とともに増加する傾向があるが、すべての供試体については明瞭な相関性が見られない。

図7と8はそれぞれ乾燥側と湿潤側の圧縮応力およびサクシオンとひずみの関係である（太い線が応力ひずみ、細い線がサクシオンひずみ関係）。応力ひずみ特性は乾燥側で脆性的で湿潤側で延性的

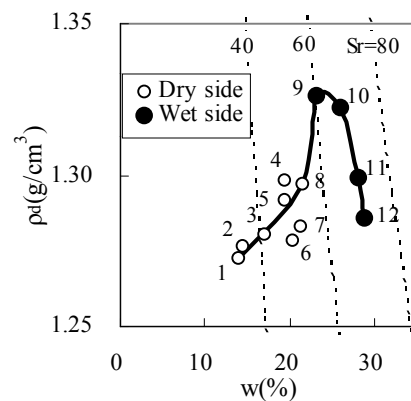


図3. No.181-1の締固め曲線

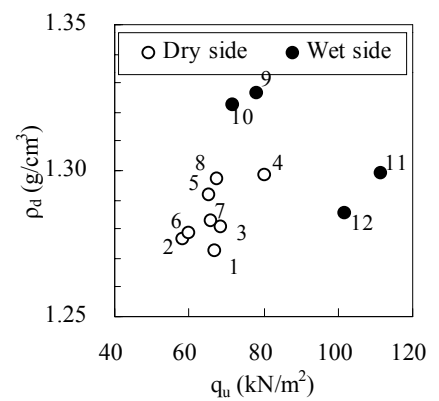
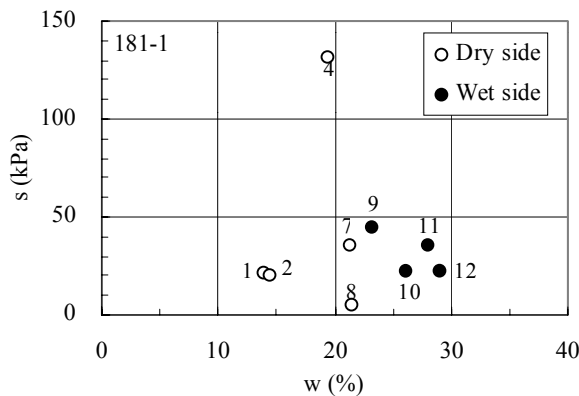
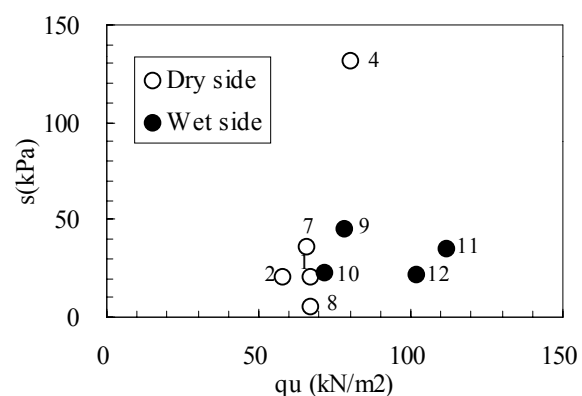
図4. ρ_d と q_u の関係

図5. サクシオンと含水比の関係

図6. サクシオンと q_u の関係

である。湿潤側ではひずみ硬化が著しく、圧縮応力のピーク時のひずみが大きくなってかつ q_u も乾燥側に比べて大きい。

湿潤側でピーク時のひずみ ϵ_f が大きくなることを他の仕事量で締固めた供試体について調べた（図9）。どの仕事量の場合にも ϵ_f は含水比とともに増加している。

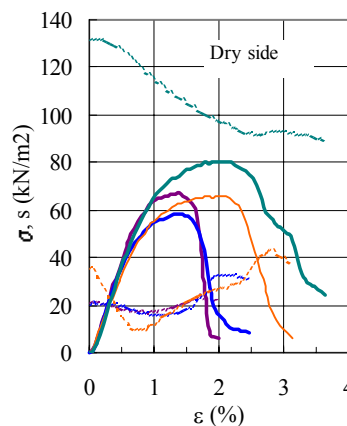


図7. 応力ひずみ関係（乾燥側）

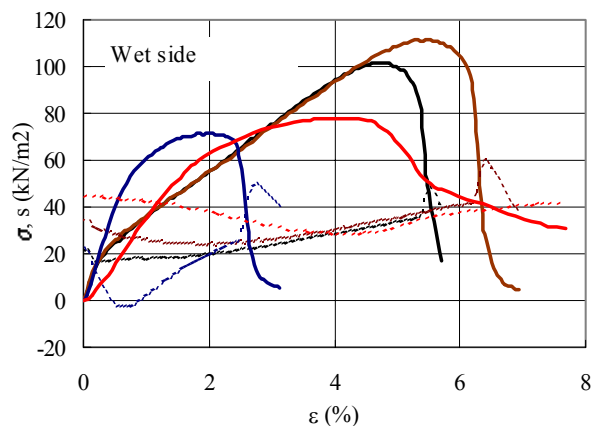


図8. 応力ひずみ関係（湿潤側）

4. 結論

一軸圧縮強度 q_u に対する乾燥密度 ρ_d とサクシオン s の影響について一概に結論を出すことはできない。締固めの状態によって応力-ひずみ関係そのものが変わるからである。乾燥側では脆性的な、湿潤側では延性的な挙動を示す。湿潤側ではひずみ硬化が著しく、 ρ_d や s が低くても q_u が高くなる。乾燥側では q_u は ρ_d や s と相関的である。

参考文献

1) 清水正喜・木下聡・西岡龍二（2006）：締固めた不飽和土の一軸圧縮強度，土木学会中国支部研究発表会（投稿中）

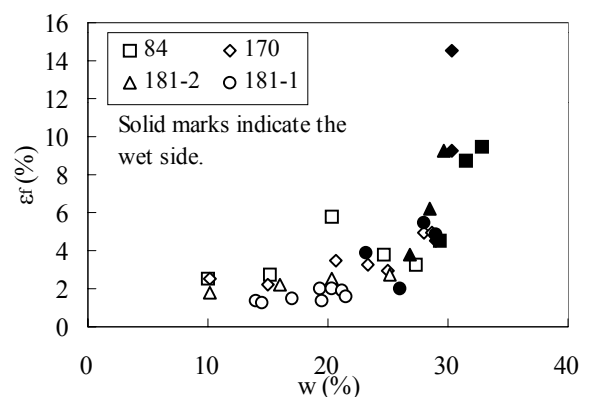


図9. 破壊ひずみと含水比の関係